

**WYKORZYSTANIE SYSTEMÓW
GEOINFORMACYJNYCH DO POTRZEB SYMULACJI
I OPTYMALIZACJI PRZEKSZTAŁCEN
SYSTEMÓW TRANSPORTOWYCH
I ZAGOSPODAROWANIA PRZESTRZENNEGO**

**GEOINFORMATION SYSTEMS AS A SUPPORT
FOR SIMULATION AND OPTIMIZATION
OF TRANSPORTATION SYSTEMS
AND SPATIAL ARRANGEMENT**

Jadwiga Brzuchowska, Tomasz Ossowicz

Wydział Architektury, Politechnika Wrocławska
Biuro Rozwoju Wrocławia

Słowa kluczowe: modele transportowe, modele alokacyjne, symulacja, optymalizacja
Keywords: transportation models, allocation models, simulation, optimization

Modele procesów przestrzennych

W procesie zarządzania rozwojem zagospodarowania przestrzennego oraz jego podsystemów, zarówno w krótkiej, średniej, jak i długiej perspektywie czasowej, w skali lokalnej, jak i regionalnej, pojawiają się bardzo często dwie potrzeby metodologiczne.

Pierwsza z nich to potrzeba sporządzania prognoz rozmaitych zjawisk, w tym: ruchu samochodowego, zmian wartości nieruchomości, pojawiania się nowej zabudowy i transformacji istniejącej, zmian w sposobie użytkowania terenu. Na początku potrzebne są prognozy przebiegu tych zjawisk, w sytuacji, gdy administracja publiczna nie podejmuje żadnych działań, niejako przebiegu „spontanicznego”. Prognozy takie nazywa się często bazowymi. Pokazują one, co się stanie, jeżeli władze publiczne nie zmienią nic w warunkach wpływających na przebieg prognozowanego zjawiska. Wobec wyników takich prognoz można przyjąć jedną z dwóch postaw. Dostosować działania władz publicznych do prognozowanego przebiegu zjawisk. Na przykład: dopasować przepustowość dróg do prognozowanych potoków ruchu, zbudować szkoły i przedszkola dla prognozowanych przyrostów liczby mieszkańców. Druga postawa to próbować wpływać na przebieg procesu poprzez podejmowane działania. Na przykład: zachęcić kierowców do zmiany swoich tras, zbudować nowe obwodnice i mosty, ograniczyć intensywność nowej zabudowy, podwyższyć opłaty za par-

kowanie, zmienić podatki. Ta druga postawa wywołuje potrzebę prognozowania przebiegu zjawisk przestrzennych w przypadku, gdy władze publiczne podejmują takie działania. Porównanie uzyskanych prognoz z prognozami bazowymi pozwala na ocenę skuteczności podejmowanych działań.

Druga potrzeba metodologiczna odnosi się do optymalizowania podejmowanych działań. O ile przy prognozowaniu, bada się, co będzie się działo, w zależności o tego, jaki wariant zbioru działań podejmą władze, to przy optymalizacji szuka się najlepszego takiego zbioru z punktu widzenia przyjętych kryteriów, przy zadanych warunkach i ograniczeniach. Optymalizacja działań władz w zakresie zagospodarowania przestrzennego należy do tej kategorii metodologicznej, przy której duże znaczenie ma uwzględnienie procesów przebiegających „spontanicznie” w rozumieniu przyjętym w tym tekście.

Z przedstawionych wywodów wynika, że zarówno do prognozowania jak i optymalizowania zjawisk przestrzennych potrzebne są modele odzwierciedlające „spontaniczny” przebieg zjawisk przestrzennych. Skonstruowano, przetestowano i zastosowano z powodzeniem wiele takich modeli przedstawiających rzeczywiste zjawiska w formie matematycznych zależności. Wśród nich, ze względu na rodzaj procesów, które odtwarzają, można wyróżnić dwie najważniejsze ich grupy: tj. modele transportowe i modele alokacyjne. Dalej przedstawimy ich opisy, wskazując jednocześnie na to, jakie dane są niezbędne do ich zastosowania.

Modele transportowe

Do pierwszej grupy zalicza się modele transportowe. Służą one do symulacji różnego rodzaju ruchu, w tym: samochodowego, rowerowego, pieszego, lotniczego, kolejowego. Zanim rozpocznie się symulację, obszar nią objęty trzeba podzielić na rejony i każdemu przypisać środek ciężkości ulokowanych w nich ruchotwórczych rodzajów działalności. Podziału tego dokonuje się tak, aby wszyscy podejmujący ruch w danym rejonie mieli podobne możliwości włączenia się do sieci komunikacyjnej. Żeby symulacja dawała wyniki zbliżone do rzeczywistości, podział musi być dostatecznie gęsty, np. Wrocław musi być podzielony na około 400 rejonów i w takim podziale trzeba zbierać wymienione dalej dane. Klasyczne, najczęściej stosowane modele transportowe (*Urban Transportation Planning System – UTPS*) odzwierciedlają zjawiska komunikacyjne w pięciu niżej opisanych krokach (Southworth, 1995; Ossowicz, 2004).

1. **Kto? Produkcja ruchu.** W tym kroku ustala się, od skupisk jakich rodzajów działalności (mieszkalnictwo, praca, usługi) zaczyna się ruch (nazywa się je źródłami ruchu), a w jakich się kończy (nazywa się je celami ruchu). Ustala się również współczynniki określające ile przewozów odbywa się pomiędzy źródłami a celami, w przeliczeniu na jednostkę źródeł. Na ich wartości mogą wpływać np.: udział zawodowo czynnych mieszkańców, liczba samochodów w stosunku do liczby mieszkańców, ich cechy demograficzne, rodzaj prowadzonej działalności gospodarczej.

Niezbędne dane. Wielkości źródeł i celów w każdym z rejonów w dowolnych jednostkach; cechy działalności wpływające na ich ruchotwórczość.

2. **Dokąd? Więźba ruchu.** Tutaj oblicza się, w jakich rejonach kończy się ruch zaczynający się w każdym z rejonów. Wynikiem jest ustalenie potoków ruchu danej kategorii (np.: dom – praca, dom – usługi, dom – nauka) pomiędzy każdą parą rejonów. Zbiór takich potoków ruchu danej kategorii nazywa się więźbą ruchu. Obliczeń dokonuje się przy pomocy matematycznego modelu rozdziału ruchu, w którym uwzględnia się zachowanie podmiotów wybierających cel podróży oraz tzw. opór przestrzeni pokonywany przy podróży wynikają-

cy z odległości do pokonania, niezbędnego czasu lub kosztu przejazdu. Najbardziej rozpowszechnione są model grawitacyjny i model pośrednich możliwości (*intervening opportunities*) (Stouffer, 1948; Zipser, Sławski, 1988; Domański, 1998).

Niezbędne dane. Dane o rzeczywistych węzłach ruchu, np.: informacje, w jakich rejonach pracują lub uczą się osoby zamieszkałe w poszczególnych rejonach, z jakich rejonów pochodzą ładunki dowożone do poszczególnych rejonów. Dane o sieci transportowej, przy pomocy której odbywają się podróże, pozwalające na określenie oporów przestrzeni.

3. **Kiedy? Rozkład ruchu w czasie.** Następnym krokiem jest ustalenie, dla jakiego odcinka czasu sporządza się prognozę ruchu. W prognozach dla regionu, kraju lub kontynentu, najczęściej jest to doba. W planowaniu miejskiego systemu komunikacyjnego jest to godzina szczytu ruchu, w której obciążenie ulic jest największe. Opracowuje się wtedy prognozę rozkładu ruchu w ciągu doby i na jej podstawie oblicza się udział godziny szczytu w więźbie dobowej.

Niezbędne dane. Rzeczywisty rozkład ruchu w ciągu doby w różnych okresach roku.

4. **Czym? Rozdział ruchu na środki transportu.** Dalej opracowuje się prognozę określającą, jakie środki transportu zostaną wybrane przez podróżujących lub przewożących ładunki. Jej wyniki pozwolą rozłożyć więźbę ruchu na poszczególne sieci transportowe. W tym kroku również prognozuje się ile pojazdów będzie potrzebne do przewiezienia podróżujących lub ładunków.

Niezbędne dane. Informacje o rzeczywistym rozdziale ruchów różnych kategorii na poszczególne środki transportu. Chodzi tu nie tylko o ruchy pomiędzy różnymi rodzajami działalności, ale również ruchy o różnej długości (np.: ruchy najkrótsze wykonywane są pieszo). Informacje o rzeczywistym wypełnieniu pojazdów podróżującymi lub ładunkami.

5. **Którędy? Obciążenie sieci.** W tym ostatnim kroku potoki ruchu pomiędzy parami rejonów określone w liczbie pojazdów przypisuje się poszczególnym odcinkom sieci drogowej, tramwajowej czy kolejowej. Używa się do tego modeli wyboru trasy, w których uwzględnia się nie tylko opór przestrzeni, ale również jego zwiększenie wywoływane przez przeciążenie odcinków sieci w stosunku do ich przepustowości, a także kolizyjność ruchu wzrastającą wraz z obciążeniem. Uwzględnia się przy tym również w miarę potrzeb, okresy oczekiwania na przystankach, czasy przesiadek, zmiany środków transportu, trudności w znalezieniu miejsca postojowego, opłaty za parkowanie.

Niezbędne dane. Informacje o sieci drogowej niezbędne do ustalenia przepustowości jej odcinków i węzłów, w tym: liczba pasów w poszczególnych relacjach, dane o sygnalizacji świetlnej i nawierzchni, usytuowanie włączy do ulic publicznych.

W wielu krajach wprowadza się kolejną generację modeli transportowych opartych na zasadzie mikrosymulacji. Symuluje się w nich indywidualne zachowania każdego podróżującego i każdego pojazdu w ciągu ustalonego okresu. Przykładem jest skonstruowany w drugiej połowie lat 90. XX wieku w USA zestaw procedur do prognozowania zjawisk komunikacyjnych TRANSIMS (*Transportation Analysis Simulation System*) (TRANSIMS 3.0, 2002). Przedstawia on wirtualny model wielkiego miasta, zmieniającego swój stan z sekundy na sekundę przez okres całej doby. Obszar objęty symulacją pokryty jest tak drobnym rastrem, że w jednej komórce mieści się tylko jeden samochód.

Modele alokacyjne

Druga grupa obejmuje modele alokacyjne. Celem tych modeli jest symulacja zmian w rozmieszczeniu rozmaitych rodzajów działalności i form zagospodarowania (np.: miejsc pra-

cy, handlu detalicznego, zabudowy mieszkaniowej, szkół), zwanych dalej aktywnościami. W procesie rozmieszczania, w zależności od typu modelu, o wyniku decydują różnego rodzaju czynniki, w tym przede wszystkim: kontakty pomiędzy różnymi aktywnościami, z których większość manifestuje się przez powiązania transportowe; konflikty, a więc zjawiska nietolerowania przez niektóre aktywności innych aktywności w pobliżu, zróżnicowanie cech terenów, wartość nieruchomości, chłonność terenu, co implikuje konkurencję o teren pomiędzy różnymi aktywnościami. Uwzględnia się również opóźnienie w realizacji zmian lokalizacji ludności i podmiotów gospodarczych.

Prosty model alokacyjny. Przesunięcie celów

Celem modelu jest symulacja rozmieszczenia danej aktywności na podstawie przesądnego rozmieszczenia innej przy założeniu, że pomiędzy nimi istnieje kontakt, co oznacza, że aktywność przesądzona realizuje pewną „potrzebę” w skupiskach aktywności rozmieszczanej (Zipser, Sławski, 1988; Zipser, 1990; Ossowicz, 2004). Taki kontakt generuje często podróże na trasie pomiędzy obiema aktywnościami. Na przykład może chodzić o rozmieszczenie miejsc pracy na podstawie przesądnego rozmieszczenia miejsc zamieszkania, przy założeniu, że mieszkańcy potrzebują pracy, co generuje podróże pomiędzy miejscami zamieszkania a miejscami pracy. Model realizowany jest w trzech krokach.

1. **Wstępne rozmieszczenie aktywności.** W tym kroku, ustala się rozmieszczenia aktywności przesądzonej (często jest to zmodyfikowany stan istniejący) oraz wstępnie, przydziela się każdemu rejonowi pewne skupiska aktywności rozmieszczanej. Przydziały tej drugiej aktywności mogą być równomierne, proporcjonalne do wielkości dotychczasowych skupisk tej aktywności lub zupełnie arbitralne.

Niezbędne dane. Wielkości skupisk obu aktywności w stanie istniejącym.

2. **Głosowanie pozytywne.** Dla każdego skupiska aktywności przesądzonej dokonuje się symulacji wyboru skupisk aktywności rozmieszczanej, w których zaspokojona będzie jego potrzeba. Na przykład, w jakich rejonach mieszkańcy każdego z rejonów znajdują miejsce pracy. Do tego celu stosuje się najczęściej model grawitacyjny lub pośrednich możliwości. Uwzględnia się przy tym opory przestrzenne przy przemieszczaniu się pomiędzy rejonami. Następnie dla każdego skupiska aktywności rozmieszczanej sumuje się liczbę pozytywnych wyborów, traktując je jako „głosy pozytywne” na usytuowanie tej aktywności w danym rejonie. Na przykład określa się, ile osób wybrało dany rejon jako miejsce pracy.

Niezbędne dane. Takie same, jak w kroku 2. opisanym w rozdziale „Modele transportowe”.

3. **Przesunięcie celów.** W tym kroku w każdym rejonie porównuje się wielkość skupiska aktywności rozmieszczanej z sumą pozytywnych głosów, a następnie w tych rejonach, gdzie liczba głosów jest nieproporcjonalnie większa od wstępnego przydziału tej aktywności, podwyższa się go; w rejonach, w których jest nieproporcjonalnie niższa, tam przydział się obniża, przy zachowaniu całkowitej sumy jednostek tej aktywności na całym obszarze analizy.

Krok 2. i 3. powtarza się iteracyjnie, aż do osiągnięcia stanu równowagi, w których kolejne powtórzenia kroków nie dają istotnych zmian. Wynik traktuje się jako rozmieszczenie końcowe.

Złożony model alokacyjny. ORION

Przykład odnosi się do modelu, którego celem jest symulacja jednoczesnego rozmieszczenia wielu różnych rodzajów aktywności (np.: zabudowy mieszkaniowej, handlu detalicznego, szkół, obiektów biznesu, obiektów rekreacyjnych), przy założeniu, że: powiązane są one między sobą wieloma kontaktami; niektóre z nich nie tolerują uciążliwości powodowa-

nych przez inne; obszar rozmieszczania jest zróżnicowany z punktu widzenia przydatności dla lokalizacji każdej z nich oraz, że konkurują one o ograniczoną powierzchnię terenu w każdym rejonie (Zipser, Sławski, 1988; Brzuchowska, Litwińska, Ossowicz, Sławski, Zipser, 1994; Ossowicz, 2004). Taki model składa się z wielu modułów uruchamianych w ustalonej sekwencji.

1. **Wstępne rozmieszczenie aktywności.** W tym module, wstępnie przydziela się każdemu rejonowi pewne skupiska poszczególnych aktywności rozmieszczanych.

Niezbędne dane. Wielkości skupisk wszystkich rozmieszczanych aktywności w stanie istniejącym.

2. **Procedura kontaktów.** Dla każdego skupiska każdej aktywności dokonuje się symulacji wyboru skupisk innych aktywności, w których zaspokojona będzie jedna z jej potrzeb. Na przykład określa się: w jakich rejonach mieszkańcy każdego z rejonów znajdują miejsce pracy, w jakich rejonach będą ich dzieci uczęszczać do szkół, w jakich będą robić zakupy, w jakich korzystać z obiektów rekreacyjnych. Podobnie zatrudnieni w różnych rodzajach działalności wybierają miejsca zamieszkania, czy miejsca czynienia zakupów po pracy. Do tego celu stosuje się najczęściej model grawitacyjny lub pośrednich możliwości. Uwzględnia się przy tym opory przestrzenne przy przemieszczaniu się pomiędzy rejonami. Dalej dla każdego skupiska każdej aktywności rozmieszczanej sumuje się liczbę pozytywnych wyborów ze strony wszystkich innych aktywności, traktując je jako „głosy pozytywne” na usytuowanie tej aktywności w danym rejonie. Następnie w każdym rejonie porównuje się wielkość skupiska aktywności rozmieszczanej z sumą pozytywnych głosów jakie oddały na nią inne aktywności. Wielkości przydziałów poszczególnych aktywności modyfikuje się tak, aby były proporcjonalne do liczby uzyskanych głosów pozytywnych.

Niezbędne dane. Takie same, jak w kroku 2. opisanym w rozdziale „Modele transportowe”.

3. **Procedura konfliktów.** W jej ramach symuluje się rozchodzenie się w przestrzeni czynnika uciążliwego (np.: hałasu) „emitowanego” przez skupiska niektórych aktywności. Aktywności wrażliwe na tę uciążliwość w strefie jej pojawienia się wysyłają „negatywne głosy” przeciwko skupiskom aktywności, które były jej sprawcami (reakcja protestu). Jednocześnie wysyłają „negatywne głosy” przeciwko sobie (reakcja ucieczki). Negatywne głosy oddane na każde skupisko każdej aktywności sumuje się, a następnie wielkości przydziałów poszczególnych aktywności modyfikuje się tak, aby były odwrotnie proporcjonalne do liczby uzyskanych głosów pozytywnych.

Niezbędne dane. Rzeczywiste dane o rozchodzeniu się w przestrzeni różnego rodzaju czynników uciążliwości.

4. **Procedura predyspozycji.** Dla każdego rejonu i dla każdej aktywności rozmieszczanej określa się oceny jego przydatności (lub atrakcyjności) dla tej aktywności ze względu na jego cechy własne takie, jak np.: walory krajobrazowe i kulturowe, jakość klimatu, warunki geologiczne, poziom wody gruntowej. Uwzględniając te oceny, modyfikuje się rozmieszczenie aktywności tak, aby znalazły się w rejonach o najwyższych dla nich ocenach.

Niezbędne dane. Przestrzenny rozkład cech terenu, które są podstawą do ocen jego przydatności.

5. **Procedura scalająca.** Rozmieszczenia uzyskane w efekcie procedur 2, 3 i 4 uśrednia się w jedno nowe rozmieszczenie z uwzględnieniem ustalonych wag.

6. **Procedura konkurencji o teren.** Tutaj wykrywa się rejon, w których suma powierzchni terenu potrzebna dla przydziałów wszystkich aktywności jest większa od powierzchni terenu dostępnego do zagospodarowania na terenie. Wykryte „nadwyżki” relokuje

się do innych rejonów bądź sąsiednich, bądź następnych w kolejności według atrakcyjności lokalizacyjnej.

Niezbędne dane. Powierzchnia terenu dostępnego pod zabudowę w poszczególnych rejonach. Liczby jednostek poszczególnych aktywności na jednostkę powierzchni zajętego przez nie terenu.

Wychodząc z uzyskanego rozmieszczenia aktywności, całą sekwencję procedur powtarza się iteracyjnie aż do stanu równowagi, w którym rozmieszczenia uzyskane w dwóch następujących po sobie powtórzeniach różnią się dostatecznie mało. Ostatnie rozmieszczenie traktuje jako wynikowe.

Według jednego z wariantów procedury konkurencji o teren, nie dokonuje się w niej relokacji „nadwyżek”, lecz podwyższa się wyjściową wartość nieruchomości proporcjonalnie do wielokrotności przekroczenia chłonności terenu. W kolejnych iteracjach w procedurze kontaktów, do kosztów przejazdów dodaje się koszt nabycia nieruchomości. Powoduje to, że aktywności stopniowo opuszczają tereny przepelnione, a jednocześnie ustala się nowa wartość nieruchomości. W tym wariacie wśród niezbędnych danych muszą się znaleźć wartości nieruchomości w stanie istniejącym.

Choć przedstawiono tylko przykłady modeli, to ich opisy dobrze ukazują zapotrzebowanie ze strony wielu innych podobnych modeli na informacje, których mogą dostarczyć systemy geoinformacyjne.

Oczekiwania w stosunku do systemów geoinformacyjnych jako podstawy modelowania procesów przestrzennych

Przedstawione dalej oceny bazują na doświadczeniach z prowadzenia opisanych typów modelowań w Biurze Rozwoju Wrocławia, w oparciu o zbiory danych Wrocławskiego Publicznego Systemu Informacji Przestrzennej (WPSIP). Doświadczenia te mają istotny wpływ na kierunki rozwoju WPSIP, na wymagania formułowane w stosunku do powstających zbiorów danych i narzędzi ich przetwarzania.

Wybrano przykłady tak, aby ilustrować zarówno grupy danych z charakterystycznymi dla nich zjawiskami, jak też powtarzające się problemy i postulaty kierowane do systemów geoinformacyjnych. Pozyskiwane dane, ze względu na ich rolę w budowanym modelu, możemy podzielić na:

- rozmieszczenie działalności i zróżnicowane przestrzennie charakterystyki terenu,
- modele sieci transportowych,
- parametry modelu.

Potrzebne są zarówno dane opisujące stan obecny, jak i te, które stanowią podstawę dla budowy prognoz i scenariuszy rozwoju.

Dane dotyczące rozmieszczenia działalności

W tym zakresie można wskazać kilka typowych sytuacji.

Sytuacja 1: **Istnieją formalne, aktualizowane rejestry i ewidencje działalności** zawierające informację adresową. Ich przydatność jako źródła danych jest bardzo różna.

Dobłą podstawą do określenia rozmieszczenia mieszkańców są dane ewidencyjno-adresowe zawarte w Powszechnym Elektronicznym Systemie Ewidencji Ludności (PESEL) –

rejestrowane zjawisko jest przedmiotem modelowania, a pomimo pewnej rozbieżności stanu formalnego z faktycznym, niezgodności nie zmieniają obrazu przestrzennego (wprowadzane dane dotyczą pojedynczych osób). Nieporównanie gorszym źródłem danych o rozmieszczeniu miejsc pracy jest krajowy rejestr urzędowy podmiotów gospodarki narodowej (REGON) – informacja szczegółowa nie jest jawna, a udostępnia się ją dopiero po zgeneralizowaniu, podczas gdy błędy dotyczące pojedynczych obiektów mają duże znaczenie dla obrazu całości (np. kilkuset pracowników zlokalizowanych w siedzibie przedsiębiorstwa zamiast w miejscu codziennego dojazdu do pracy). Konieczne jest więc uzupełnianie informacji dla poszczególnych zakładów pracy wchodzących w skład przedsiębiorstwa. Również w odniesieniu do kategorii przedsiębiorstw i całego rejestru konieczne jest przeliczanie liczby zarejestrowanych pracowników na liczby modelowych „miejsc pracy”, generujących kontakty o określonych parametrach (zasięgu, częstotliwości, rozkładzie w czasie). Jest to dobry przykład zbioru danych, który ze względu na odmienny cel utworzenia i w konsekwencji, inną treść informacyjną, może być wykorzystywany do symulacji tylko w zestawieniu z innymi źródłami informacji.

Sytuacja 2: **Istnieją bazy danych wspomagające zarządzanie obiektami i świadczenie usług.**

Powstaje coraz więcej systemów informatycznych wspomagających realizację zadań publicznych związanych z systemem usług – np. edukacji, zdrowia, pomocy społecznej. Stanowią one potencjalne źródło informacji nie tylko o rozmieszczeniu aktywności. Przykładem jest baza danych o rozmieszczeniu miejsc zamieszkania uczniów, powstała dzięki modernizacji sposobu rekrutacji do szkół, która m.in. pozwala określić dla poszczególnych typów szkół parametry kontaktów dom–szkoła (dojazdy dzieci).

Sytuacja 3: **Brak danych o rozmieszczeniu aktywności** generujących znaczącą liczbę kontaktów.

Coraz większy zakres działalności i generowanych kontaktów wykracza poza ramy zbadanych schematów i nie jest formalnie ewidencjonowany. Kilkadziesiąt tysięcy studentów uczelni wrocławskich mieszkających na kwaterach nie melduje swojego czasowego zamieszkania. Podstawowym źródłem danych dla zbadania rozmieszczenia aktywności i generowanych przez nie kontaktów są w takim przypadku ankiety. W przedstawionym przykładzie (rys.1) rozmieszczenie studentów otrzymano w wyniku modelowania, którego parametry określono na podstawie ankiety. Zastosowano model *przesunięcia ogólne*, gdzie modelowe źródła stanowili studenci w budynkach uczelni, a cele – mieszkania jako potencjalne kwatery. Ankieta dostarczyła również innych danych dla modelowania przemieszczeń studentów (takich jak rozkład podróży ze względu na motywacje, porę dnia, środek transportu).

Dane dotyczące zróżnicowanych przestrzennie charakterystyk terenu

Symulowanie procesów rozwoju przestrzennego i modelowanie prognozowanego stanu zagospodarowania wymagają złożonych charakterystyk dotyczących chłonności i predyspozycji terenu dla poszczególnych rodzajów zagospodarowania, określanych w ujęciu dynamicznym.

Przykładowo, prognoza rozmieszczenia mieszkańców powinna brać pod uwagę przewidywany spadek liczby mieszkańców istniejącej zabudowy mieszkaniowej oparty na badaniu procesów rozgęszczania zabudowy mieszkaniowej i sukcesji funkcji w centrum miasta. Chłonność obszarów niezabudowanych i prawdopodobieństwo ich wykorzystania w rozważanej perspektywie czasowej powinny uwzględniać: przeznaczenie terenów w planie za-

gospodarowania, ograniczenia (objęcie ochroną, konflikt z walorami terenu lub istniejące zagrożenia), plany rozbudowy sieci infrastruktury, obserwowany ruch inwestycyjny.

Opracowanie prognoz wymaga łączenia danych z różnych źródeł i przetwarzania ich w środowisku GIS. Oczekuje się, że system informacji przestrzennej będzie udostępniał dane obejmujące aktualne: inwentaryzacje zagospodarowania, walory terenu i jego ograniczenia, obszary objętych ochroną; inwentaryzacje systemów miejskich; projekty i plany inwestycyjne; bazę ustaleń planów miejscowych; rejestry przestrzenne decyzji. Dostępne powinny być również dane historyczne, pozwalając na analizę przebiegu procesów zagospodarowania. Warunkiem efektywnego wykorzystania w analizach jest uzgodnienie struktur danych dotyczących inwentaryzacji systemów miejskich, a także standardów zapisu wariantów, planów i prognoz.

Dane dotyczące modeli sieci transportowych

Modele sieci transportowych są budowane (w programach zewnętrznych w stosunku do GIS) na bazie wybranych odcinków sieci ulic. Parametryzacja sieci obejmuje odcinki, węzły (relacje skrętne na skrzyżowaniach), przystanki, trasy komunikacji zbiorowej. Oczywiście jest posiłkowanie się zbiorami danych przestrzennych (sieci ulic istniejących i projektowanych, lokalizacja przystanków) i opisowych (definicje tras komunikacji zbiorowej). Nie spotyka się jednak dalej idącej współpracy użytkowników modeli sieci transportowych między sobą czy też z instytucjami odpowiedzialnymi za aktualizację inwentaryzacji dróg (zarządcami dróg). Wymagałoby to wysiłku uzgodnienia i wzbogacenia wykorzystywanych modeli sieci i struktur danych. Warto jednak zwrócić uwagę na fakt, jak wielkie są potencjalne korzyści z prowadzenia przez instytucje miejskie modelowań komunikacyjnych w oparciu w odpowiednie (tzn. aktualne i uwzględniające potrzeby wszystkich użytkowników modelowań) zasoby geoinformacyjne. Wystarczy wskazać, że modelowania takie są niezbędne dla analiz ekonomicznych inwestycji, wymaganych do realizacji projektów drogowych finansowanych z funduszy UE. Inne przykłady zastosowań to badanie skutków inwestycji dla stanu środowiska, czy budowa mapy akustycznej. Określone przepisami wymagania co do jakości wyników modelowania wskazują zarówno na konieczność inwestowania w bazy danych przestrzennych, jak również na wykształcenie kompetentnych kadr analityków.

Dane dotyczące parametrów modelu

Dostosowywanie parametrów modelu ruchu do sytuacji lokalnej opiera się na rozpoznaniu specyfiki modelowanego systemu w zakresie demografii, rozwoju społeczno-gospodarczego, systemów transportu i komunikacji oraz, przed wszystkim, na badaniach ruchu. Wspomniane już okazje specjalne do szczegółowego rozpoznania modelu ruchu (system rekrutacji do szkół) dotyczą tylko fragmentów systemu. Badania ruchu opierają się głównie na pomiarach ruchu i badaniach ankietowych. W najbliższych latach można się spodziewać znacznego postępu technik pomiarów ruchu. Postulować można m.in.:

- skoordynowanie akcji pomiarów ruchu prowadzonych ze względu na różne zadania (np. zarządzanie ruchem czy budowa mapy akustycznej) i budowę wspólnych baz pomiarów,
- uwzględnienie planu pomiarów permanentnych w przedsięwzięciach takich jak budowa systemu inteligentnego transportu (ITS uruchomiono już w Poznaniu, Warszawie, Trójmieście, Łodzi, a kolejne miasta przygotowują się do ich wdrożenia),

- wykorzystanie nowych technik monitorowania ruchu pojazdów opartych na lokalizacji przez GPS,
- lepsze wykorzystanie ankiet przez geokodowanie i analizę cech rejonu zamieszkania ankietowanych.

Postulaty te oznaczają nowe zadania dla lokalnego systemu informacji przestrzennej w zakresie baz danych i narzędzi ich przetwarzania.

Delimitacja obszaru modelowania

Pozyskiwanie danych dla budowy modelu systemu zagospodarowania przestrzennego znacznie się komplikuje, gdy obszar tego systemu nie zamyka się w granicach jednostki administracyjnej. *Nota bene*, delimitacja obszaru modelowania, uwzględniająca związki funkcjonalne elementów systemu, powinna szerzej wykorzystywać możliwości systemów geoinformacyjnych. Poza znanymi metodami delimitacji opartymi na danych statystycznych odniesionych do gmin, można skorzystać z innych danych i technik ich przetwarzania, jak np. wykorzystania PESEL do analizy migracji mieszkańców Wrocławia (rys. 2) lub badania gęstości dojazdów do Wrocławia w oparciu o ankietowe pomiary tranzytu (rys. 3).

Rozszerzenie modelowanego obszaru poza granice gminy (i powiatu) wymaga pozyskania danych z obcych baz, w większości danych zagregowanych. Wykorzystywane we Wrocławiu zbiory danych gromadzone dla potrzeb planowania obszaru metropolitalnego nie stanowią aktualizowanej bazy o szczegółowości porównywalnej z wcześniej wymienianymi zbiorami danych.

Postulowane działania

Przytoczone obserwacje i przykłady skłaniają do zgłoszenia następujących postulatów:

- budowy i udostępniania warstw referencyjnych, z których najważniejsza jest baza adresowa,
- wprowadzenia słowników i narzędzi uzgadniania z danymi referencyjnymi danych gromadzonych w systemach informatycznych administracji lokalnej i jednostek współpracujących,
- uzgodnienia struktury i procedur gromadzenia innych danych, zarówno własnych jak i pozyskiwanych z zewnątrz, dotyczących inwentaryzacji i monitoringu systemów miejskich a także standardów zapisu planów i prognoz,
- egzekwowania opracowania metadanych.

Działania w tych kierunkach powinny znacznie zwiększyć efektywność wykorzystania zarówno istniejących zasobów geoinformacyjnych, jak też zbiorów danych z innych systemów do wspomagania planowania przestrzennego i zarządzania miastem.

Literatura

- Brzuchowska J., Litwińska E., Ossowicz T., Sławski J., Zipsper T. 1994: Model symulacyjno-decyzyjny ORION, Katedra Planowania Przestrzennego Wydział Architektury Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Domański R., 1998: Zasady geografii społeczno-ekonomicznej, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Ossowicz T., 2004: Metoda ustalania kolejności przedsięwzięć polityki przestrzennej miasta wielkiego, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Southworth F., 1995: A Technical Review of Urban Land Use – Transportation Models as Tools for Evaluating Vehicle Travel Reduction Strategies, raport dla U.S. Department of Energy, Oak Ridge National Laboratory.
- Stouffer, S., 1948: Intervening Opportunities: A Theory Relating Mobility and Distance, „American Sociological Review”, 1948 t. 5.

- TRANSIMS 3.0. Documentation, 2002: Los Alamos National Laboratory. Town and Country Planning Act, 1968.
- Zipser T., 1990: A simulation model of formation of the settlement structure [W:] Bagiński E., Zipser T. (red.), The model of intervening opportunities in theory and practice of territorial arrangement, Politechnika Wroclawska, *Studia i Materiały*, Wrocław, ss. 223-238.
- Zipser T., Sławski J., 1988: Modele procesów urbanizacji. Teoria i jej wykorzystanie w praktyce planowania, Studia KPZK PAN tom XVII, PWE, Warszawa.

Abstract

Many simple and complex models for simulation of processes at local as well as regional scale were constructed and successfully applied. By means of these models it is possible to forecast, the course these processes in future, and the impact on them of such actions of the authorities as public investments, local tax policies, local law regulations. Besides, these models provide basis for methods of optimization of urban structure development as well as transportation system.

Among models, two groups can be distinguished by type of the process simulated. Allocation models belong to the first group. They are used for forecasting or optimization of allocation of various activities, like housing, industry, services, education, tourism. There are the following factors determining allocation in the models: cooperation links between various forms of development, nuisance of some forms for others, terrain features, competition for land. The second group constitute transportation models widely used for forecasting of traffic flows between various activities allocated in a given area as well as changes in distribution of these flows in the effect of new road construction. Furthermore, methods of automatic new road planning are developed. In another group we find real estate market models used for forecasting changes in land cost in the effect of local policies. Many models combine elements of both allocation and transportation models.

One of the most serious barriers in implementation of simulation and optimization models in urban and transportation planning practice is shortage of properly prepared data. Sometimes data collection and preparation consumes more time than the simulation processing. Still, this work has the character of accidental actions, instead of permanent process of database updating and development. The change of this state is even more urgent as new tasks of local government appear, which require the support by transport modeling (e.g. assessment of impact of investments on environment, economic-financial analysis of investment projects financed by EU funds). Possible advantages are considerable, but the task is extensive and requires coordination of expectations of many users of data. The proposed actions include:

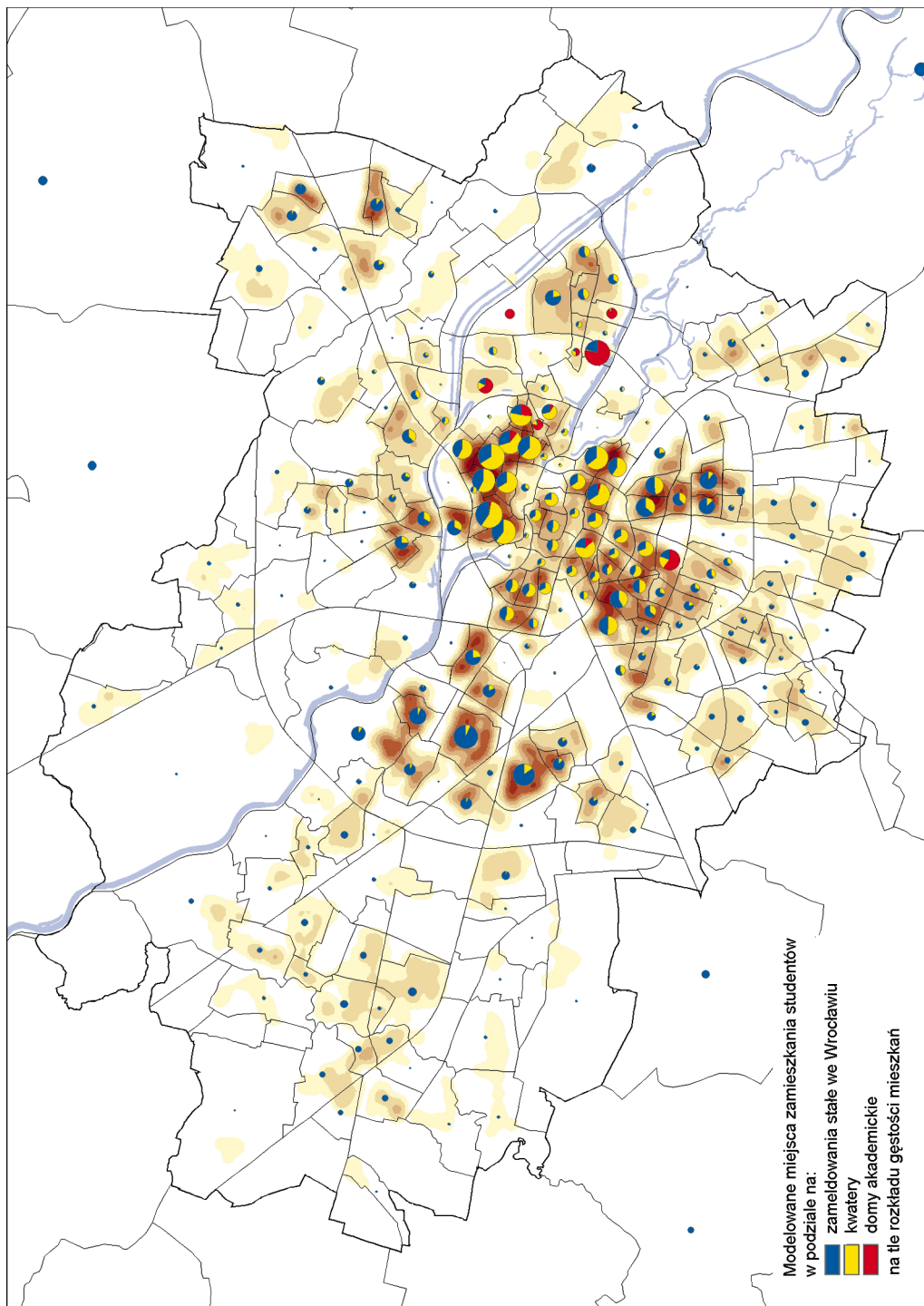
- agreement on the model of referential data, the construction and maintenance of proper databases (addresses, transport networks)*
- implementation of referential data – the data collected in computer systems of the local administration and cooperating units*
- agreement on the structure and procedures of collecting different data (both own and acquired from outside), concerning monitoring of urban systems as well as standards of planning and forecasting records.*

The data are supposed to be shared by a lot of municipal units, including, though not exclusively, the units conducting modeling or exploiting their results.

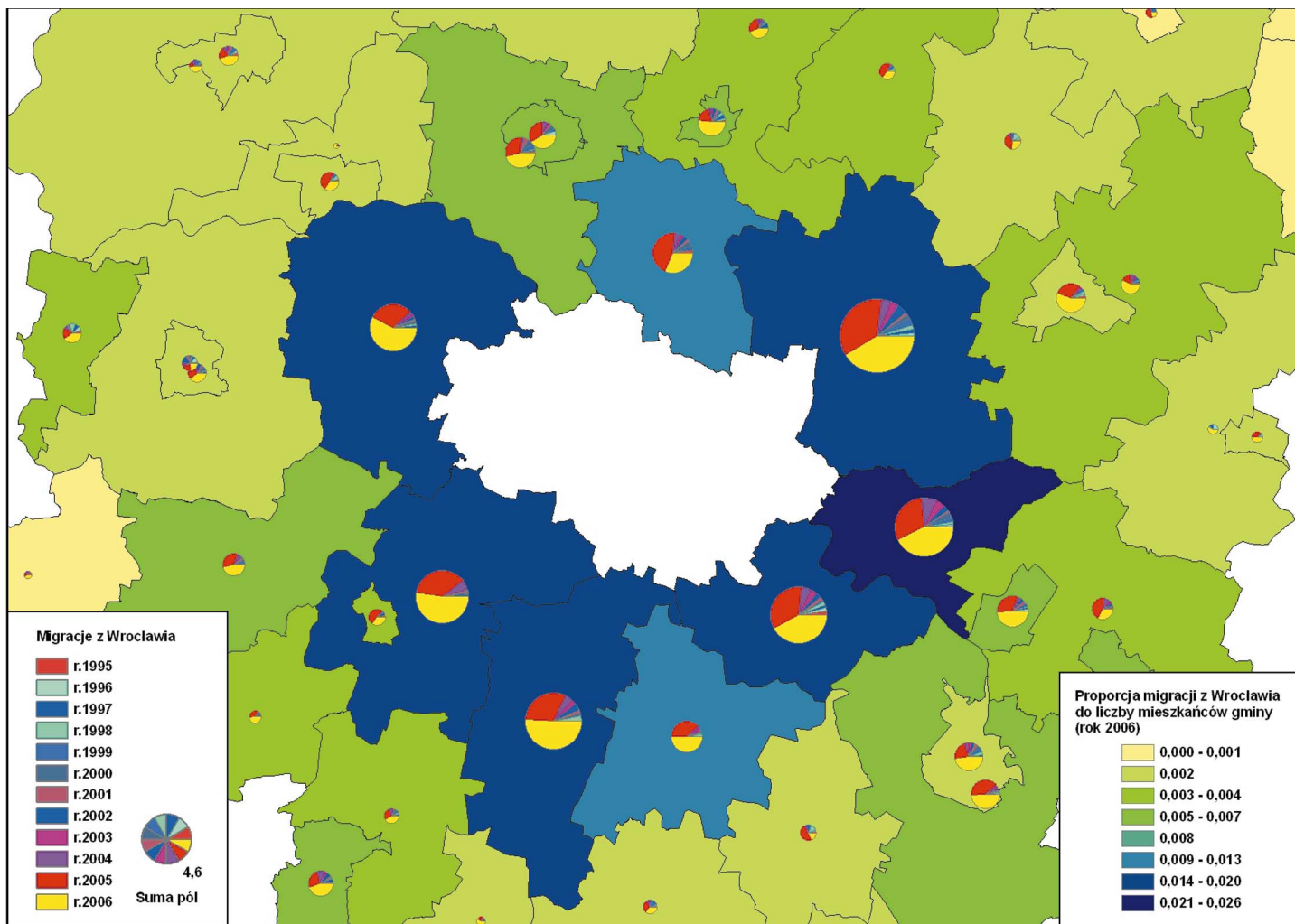
Several-year experience in construction of the urban spatial information system in Wrocław allows to identify different categories of problems related to construction of such a database. We have been struggling with some of them with rather poor effect for years. But it is worthwhile also to note the chances and challenges connected with new technical solutions. In this paper, different kinds of models and the tasks of geoinformation systems are presented, as far as provision of the data necessary for their implementation is concerned.

dr inż. arch. Jadwiga Brzuchowska
jadwiga.brzuchowska@pwr.wroc.pl
tel. +4871 777 73 25

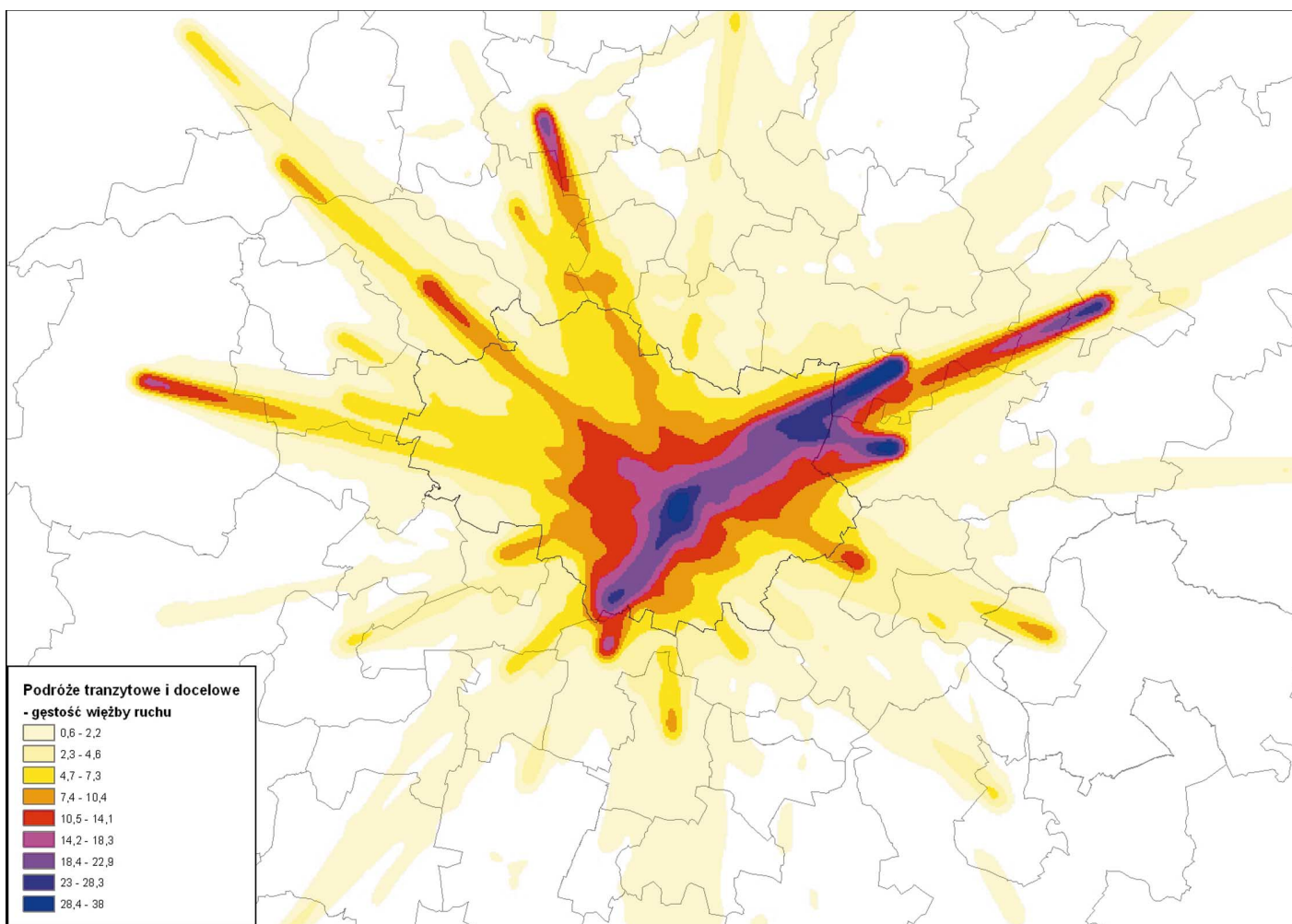
dr hab. inż. arch. Tomasz Ossowicz
tomasz.ossowicz@pwr.wroc.pl



Rys. 1. Modelowane rozmieszczenie miejsc zamieszkania studentów we Wrocławiu



Rys. 2. Migracje z Wrocławia do okolicznych gmin w latach 1995–2006



Rys. 3. Gęstość przejazdów tranzytowych i docelowych generowanych w obrębie województwa (obrazowanie wyników pomiarów tranzytu przeprowadzonych metodą ankietową na granicach Wrocławia)